

ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

УДК 626/627.03.042.019.3

П. А. Гарибин,
д-р техн. наук, проф.;

М. В. Субботин,
асп.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВОЗНОГО ВОЛНОЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ С КАМЕРОЙ ГАШЕНИЯ

EXPERIMENTAL RESEARCH OF OPEN PROTECTIVE STRUCTURE WITH STILLING BASIN

По результатам физического моделирования подтверждена работоспособность и определены оптимальные параметры конструкции сквозного оградительного сооружения с камерой гашения: проницаемость, ширина и отметка верха сооружения. Выполнено моделирование по критериям гравитационного подобия Фруда. Лабораторные исследования проводились в гидроволновом лотке экспериментальной базы НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ на специально разработанной модели сооружения. В результате опытов подобрана конструкция сооружения с отсутствием перелива через верх сооружения и ударного воздействия волн. В выбранном варианте конструкции волновое воздействие наиболее «сглажено» по сравнению с воздействием на другие модификации конструкции. Опытным путем определено, что наличие заполнения камнем и фигурными блоками в камере гашения сквозного оградительного сооружения не оказывает заметного влияния на волногасящие свойства сооружения.

According to the results of physical modeling was confirmed construction operability and defined optimal parameters of through protective structures with wave chamber — permeability, width, mark the top of the building. Modeling was carried according to the criteria of the gravitational Froude similarity. Experiments were carried out in the wave flume of the hydraulics laboratory of the SIC 26 CRI Ministry of Defence of the Russian Federation. As a result of experiments chosen design facilities without across the top of the overflow structures and the impact of the waves. In the chosen structure wave effect is «smoothed» as compared with the effect on other design modifications. Empirically determined that the presence of the filling stone and figure blocks in the wave chamber of the protective structure does not appreciable effect on the wave properties of the structures.

Ключевые слова: оградительное сооружение, гашение энергии волн, критерии моделирования, гидроволновой лоток, камера гашения, проницаемость.

Key words: protective structure, wave protective structure, breakwaters, energy dissipation of waves, criteria for modeling, wave flume, wave chamber, permeability.

Введение

Целью данного исследования является определение рациональной конструкции оградительного сооружения сквозного типа с камерой гашения. Ввиду сложности протекающих процессов взаимодействия волн с сооружением, получение достоверных теоретических результатов связано со значительными трудностями, поэтому для определения физики явлений был выбран экспериментальный путь исследований. Экспериментальному исследованию конструкций сквозных волнозащитных сооружений посвящено много трудов как отечественных специалистов: [1] – [3], и др., так и зарубежных [14]. Для некоторых видов конструкций проницаемых сооружений составлены нормативные документы с рекомендациями по расчету и конструированию [15]. В данной работе проведены исследования для нового типа оградительного сооружения, разработанного и предложенного специалистами ООО «Морстройтехнология» [4], применяемого при определенных условиях проектирования [5], [6].

Основная часть

Для лабораторного изучения условий обеспечения устойчивости оградительного сооружения и определения эффективности гашения энергии волн необходимо соблюдение законов механического подобия: геометрического, кинематического и динамического, а также соблюдение одинаковых граничных и начальных условий.

Так как лабораторные исследования проводились с одинаковой, как и на натуре, жидкостью и на мало отличающихся высотных отметках, то полагалось правомерным выполнение известных условий [7]:

$$\rho = \text{idem}, \quad g = \text{idem}, \quad V = \text{idem}, \quad (1)$$

где ρ — плотность жидкости, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; g — ускорение силы тяжести, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; V — орбитальная скорость на поверхности волны, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Исследуемое оградительное сооружение принималось абсолютно жестким. В данном случае имеет место частичное или неполное подобие явлений. Выбор определяющего критерия был произведен исходя из физики процесса. Основная часть возмущающих и восстанавливающих сил, действующих на рассматриваемую систему, является объемной, изменяющейся пропорционально кубу линейного масштабного коэффициента. Следовательно, должно быть соблюдено условие

$$\text{Fr} = \frac{V^2}{gl} = \text{idem}, \quad (2)$$

где Fr — число Фруда; l — характерный линейный размер, м.

Как известно, играющие большую роль инерционные силы совместимы с любыми критериями подобия. При волновом воздействии на сооружение возникают обусловленные вязкостью жидкости силы: сопротивление, трение, формы и волновое. Из теоретических проработок [8] и [9] известно, что силы трения от сопротивления движению жидкости, зависящие от числа Рейнольдса (Re), незначительны.

При истечении жидкости через отверстия или щели в проницаемых стенках автотельность, согласно работе [2], по числу Рейнольдса будет выполняться, если процесс протекает в квадратичной области сопротивления, т. е.

$$\text{Re} = \frac{V_m \cdot l_m}{\nu} \geq 100, \quad (3)$$

где V_m — характерная скорость на модели, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; l_m — характерный линейный размер, м; ν — кинематическая вязкость жидкости, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Моделирование взаимодействия волн с проницаемой наброской будет независимым от числа Рейнольдса, если выполняется условие

$$\text{Re} = \frac{V_m \cdot D_m}{\nu} \geq 1000, \quad (4)$$

где D_m — крупность элементов наброски.

Для данного процесса силы трения $R_{\text{тр}}$, зависящие от Re , не оказывают существенного влияния на характер исследуемого явления.

Критерий подобия сил, обусловленных поверхностным натяжением, известный как критерий Вебера (We), может быть получен из следующего выражения:

$$\text{We} = \frac{\Delta p_0 \cdot L}{\rho V^2 L} = \frac{\sigma}{\rho V^2 L}, \quad (5)$$

где Δp_0 — приращение давления; Па; σ — поверхностное натяжение, Па.

Учитывая рекомендации [2], в экспериментальных исследованиях силами поверхностного натяжения, по сравнению с объемными, можно пренебречь (в этом случае критерий Вебера будет совместим с критерием Фруда) при выполнении следующих условий: высота волн на мо-

дели должна быть более 2 – 2,5 см, а их длина более 20 – 25 см. Для выполнения данных условий при заданных исходных данных в дальнейшем был подобран масштаб экспериментальных исследований.

На основании ранее изложенного и учитывая методику, предложенную [3], за определяющий критерий при моделировании был принят критерий Фруда: $Fr = idem$.

Для пересчета лабораторных данных в натурные использовались следующие масштабные коэффициенты:

$$\alpha_l = l_m : l_n \text{ — линейный масштаб (1:38);}$$

$$m_n = m_m \alpha_l^3 \text{ — масса элемента;}$$

$$h_n = h_m \alpha_l \text{ — высота волны;}$$

$$\lambda_n = \lambda_m \alpha_l \text{ — длина волны;}$$

$$d_n = d_m \alpha_l \text{ — глубина у сооружения;}$$

$$p_n = p_m \alpha_l \text{ — давление от волны;}$$

$$Q_n = Q_m \alpha_l^3 \text{ — нагрузка от волны;}$$

$$T_n = T_m \alpha_l^{\frac{1}{2}} \text{ — период волны;}$$

$$V_n = V_m \alpha_l^{\frac{1}{2}} \text{ — скорость волны.}$$

Экспериментальные исследования по определению воздействий волн на модель мола сквозной конструкции выполнялись в гидроволновом лотке (рис. 1), оснащённом волнопродуктором типа балки «ныряло» [10].

Для проведения эксперимента были приняты следующие исходные данные:

длина, м	38
ширина, м	0,7
высота, м	1,2
минимальный рабочий уровень воды, см	25
максимальный рабочий уровень воды, см	90
волнопродуктор регулярных волн, шт.	1
мощность привода волнопродуктора, кВт	1 – 3
период продуцируемых волн, с	0,4 – 2,6
высота продуцируемых волн, см	до 30
максимальная скорость течения, см/с	до 120



Рис. 1. Гидроволновой лоток

Исходя из условий моделирования, размеров волнового лотка и технических характеристик волнопродуктора максимально возможный масштаб моделирования принят равным 1:38 по отношению к натуре.

Параметры волн на модели фиксировались емкостными волномерами. Коэффициент отражения k_{ref} в зависимости от экспериментальных данных определялся по формулам:

$$k_{ref} = \frac{h_{пуч} - h_{уз}}{h_{пуч} + h_{уз}}; \quad h_{ref} = h_0 \cdot k_{ref}, \quad (6)$$

где $h_{\text{пуч}}$ — высота в пучности интерферирующей волны; $h_{\text{уз}}$ — высота в узле интерферирующей волны; h_{ref} — высота отраженной волны.

Согласно полученным экспериментальным путем значениям высоты h_{ref} , расчетным способом вычислялись значения волнового давления от воздействия интерферирующих волн, а также определялась устойчивость каменных постелей и защитных креплений дна.

Для определения волновых давлений в шпунтовых стенках моделей и в ростверке были установлены датчики давления. Наличие перелива и всплесков волн, устойчивость камня защитного крепления дна определялись визуально с обязательным фиксированием видео- и фотосъемкой. При испытаниях моделей каждый опыт повторялся не менее трех раз.

На подготовительном этапе исследований подбирались исходные параметры волн в экспериментальной установке путем изменения периода и амплитуды балки волнопродуктора, а также калибровки модельных параметров (табл. 1).

Таблица 1

**Принятые исходные параметры волн
при моделировании конструкций**

№ п/п.	Высота волны, м		Период волны, с		Длина волны, м		Эксцентрик e , мм
	натура*	модель	натура*	модель	натура*	модель	
1	6,2	0,163	9,0	1,46	100	0,263	129
2	6,8	0,179					154
3	7,5	0,197					183
4	6,1	0,160	9,44	1,53	115	0,300	133
5	6,7	0,176					149
6	7,4	0,195					168
7	7,5	0,197	10,17	1,65	140	0,368	153
8	8,4	0,221					173
9	9,2	0,242					191

* — параметры волн приняты по результатам [10], [11].

Оградительное сооружение включает ряд свай 1 со стороны фронта волны. Со стороны защищаемого объекта — акватории 2 морского порта, расположен ряд свай 3, которые объединены в глухую стену. Между рядами свай 1 и 3 установлен промежуточный ряд свай 4. Все сваи сооружения объединены в верхней части ростверком 5. Сваи заглублены в основание — дно акватории 6. Сваи 3 соединены между собой посредством шпунтовых замков 7. Все сваи имеют одинаковую высоту и представляют собой металлические трубы. Схема конструкции мола приведена на рис. 2 [5].

Для выполнения исследований предложена конструкция мола с тремя рядами свай, ростверком без парапета и тыловой шпунтовой стенкой. Дополнительно к этой модели предложены семь её модификаций, отличающихся наличием в первой секции моделей наброски из камня, тетраподов и гексабитов либо изменениями сквозности между сваями первого и второго ряда за счет увеличения диаметра свай или их шага во втором ряду. Схема предложенной к моделированию конструкции мола приведена на рис. 2.

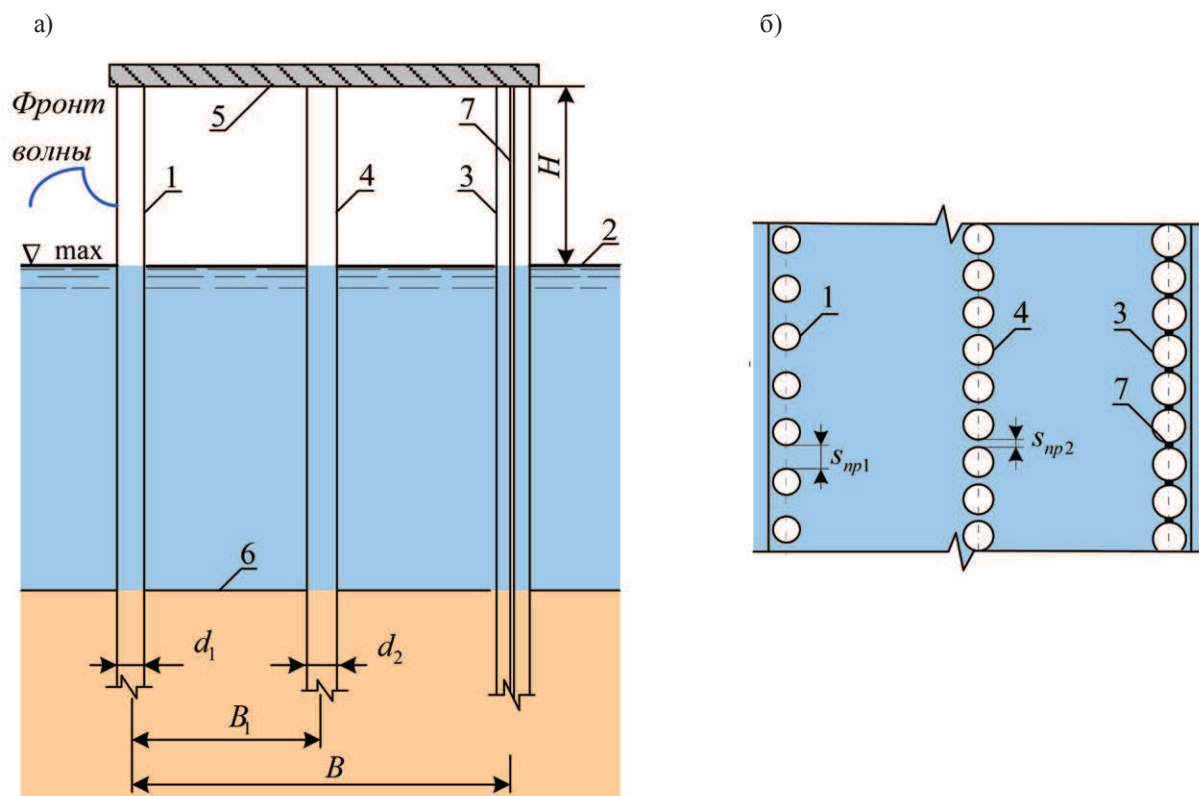


Рис. 2. Принципиальная схема нового типа ОС: а — вид сбоку; б — план

Условные обозначения:

H — превышение ростверка относительно максимального уровня воды на акватории;
 d_1, d_2 — наружный диаметр первого и второго ряда свай соответственно;
 S_{np1}, S_{np2} — продольная проницаемость (отношение площади отверстий к общей площади фронтальной поверхности) первого и второго ряда свай соответственно

Состав всех опытов, которые были проведены при моделировании, указан в сводной табл. 2.

Таблица 2

Сводная таблица состава выполненных опытов

Вариант модели	Описание вариантов моделей, принятых для исследований конструкций мола
1	Проектная конструкция мола с тремя рядами свай $\varnothing 1020$ мм, тыловой шпунтовой стенкой и ростверком без парапета
2	То же, что и вариант 1, с модернизацией: без парапета с тыловой шпунтовой стенкой, средний ряд свай $\varnothing 1220$ мм с шагом 2 м, остальные $\varnothing 1020$ мм с шагом 2 м, мористая секция засыпана до $\downarrow -7,5$ м камнем 3 – 7 т
3	То же, что и вариант 2, с модернизацией: без парапета, с тыловой шпунтовой стенкой, средний ряд свай 1220 мм $\varnothing$ с шагом 2 м; 1-я секции заполнена до $\downarrow \pm 0,0$ камнем 3 – 7 т
4	То же, что и вариант 3, с модернизацией: камень 3 – 7 т до $\downarrow \pm 0,0$, а выше тетраподы Т-10 до $\downarrow +5,5$ м
5	То же, что и вариант 4, с модернизацией: камень 3 – 7 т до $\downarrow -5$ м, а сверху до $\downarrow \pm 0,0$ наброска гексабитов 20 т
6	Без засыпки камня, без парапета, средний ряд свай $\varnothing 1220$ мм с шагом 2 м, наличие тыловой шпунтовой стенки; остальные ряды свай $\varnothing 1020$ мм с шагом 2 м
7	То же, что и вариант 6 со средним рядом свай $\varnothing 1220$ мм с шагом 1,5 м, парапета нет, остальное без изменений
8	Наброска камня отсутствует; парапета нет, наличие тыловой шпунтовой стенки; 1-й ряд свай $\varnothing 1220$ мм с шагом 2 м, 2-й ряд свай $\varnothing 1220$ мм с шагом 1,5 м, 3-й ряд свай $\varnothing 1020$ мм с шагом 2 м

В табл. 3 приведены результаты моделирования предложенных модификаций конструкции оградительных сооружений.

Таблица 3

Сводная таблица результатов выполненных опытов

Вариант модели	Результаты опыта	Выводы по вариантам
1	Перелива и всплесков у мористой стороны нет. Наблюдается удар волны в верхнюю часть шпунтовой стенки и в тыловую часть низа ростверка. Имеет место отражение волны от тыловой стенки с отбросом ее в сторону 2-го ряда свай с возможным ударом брызг в низ ростверка и у этого ряда. Наблюдается размыв грунта у 1- и 3-го рядов свай. Проход волны у 1-го ряда свай свободен, без брызг и всплесков	При высоте исходных волн до 7,5 м конструкция мола, по-видимому, будет работоспособной, если пренебречь ударами волн о низ ростверка. При высоте исходных волн до 7,5 м конструкция мола, по-видимому, будет работоспособной, если пренебречь ударами волн о низ ростверка. При высоте исходных волн до 7,5 м конструкция мола, по-видимому, будет работоспособной, если пренебречь ударами волн о низ ростверка
2	Перелива и всплесков не наблюдалось. Первоначально удар волн наблюдался в 1-й ряд свай, а затем переместился во вторую половину мола с отражением от шпунтовой стенки в виде отброса волны. Общий характер воздействия волн со шпунтовой стенкой несколько сгладился по сравнению с вариантом 1, при тех же параметрах волн	Заметных улучшений эффективности работы конструкции не выявлено
3	Перелива через ростверк нет; всплески и отбросы волн от ростверка наблюдаются при подходе гребня волны к мористой стороне модели. Появился сильный удар волн о 1-й ряд свай и удары волн в 1-ю половину мола вплоть до 3-го ряда свай; при дальнейшем продвижении волны наблюдается сильный удар в низ ростверка у 3-го ряда свай. Наблюдаются колебания камня в верхнем слое его наброски	Характер воздействия волн ухудшился по сравнению с воздействием волн на модель по варианту 2. За наброской камня во второй секции мола отмечается повышение уровня воды, как и в случае подводного волнолома, что вызывает ухудшение взаимодействия волн (удары о низ ростверка) с данной конструкцией
4	Перелива через парапет ростверка не наблюдалось (при отсутствии парапета перелив через ростверк был зафиксирован). Наблюдался удар волны о низ ростверка на участке 1-го ряда свай. Всплеск и отброс волн от парапета имел место. Во 2-й половине модели ударов не было, что зафиксировано на фото рис. 5.12 а; при откате волны уровень воды во 2-й секции наблюдался выше, чем у мористой стороны модели. Тетраподы и камень были устойчивы	При воздействии исходных волн высотой не выше 7,5 м конструкция работоспособна. При воздействии волн с высотами более 7,5 м исследования не проводились
5	Перелива волн через ростверк не наблюдалось. Всплеск волны небольшой. Имеют место удары волн о низ ростверка на участке 1-го ряда свай, а затем у 3-го ряда свай, причем удара у 2-го ряда нет; есть брызги от волны, отраженной от тыловой стенки. Характер возможного размыва дна под сооружением при отсутствии защитного крепления	Результаты опытов близки к результатам опытов по варианту 3

Таблица 3
(Окончание)

6	Перелива волн во всех опытах не наблюдалось; всплески волн у мористой стороны модели отсутствовали. Наблюдались удары волн о низ ростверка на участке 3-го ряда свай и у шпунтовой стенки, у датчика давления Д-1 давление носило импульсный характер, при $h = 7,5$ м значения давления в датчике Д-4 измерены примерно равными 45 – 80 кПа, а в Д-3 — равными 55 – 62 кПа. При высотах волн $h = 7,5$ м отраженная от шпунтовой стенки волна создавала также импульсное давление о низ ростверка на участке 2-го ряда свай. При других параметрах волн $h = 8,4 - 9,2$ м воздействие волн на низ ростверка происходит наиболее бурно и динамично (см. рис. 5.16 и 5.17), волновые давления зафиксированы при $h = 9,2$ м в датчике Д-4 порядка 130 кПа, а в Д-3 — около 100 кПа; при $h = 9,2$ м шпунтовая стенка (из бакелита) изгибалась под ударами волн	Анализ этой конструкции показывает, что принятой пористости рядов свай недостаточно, требуется либо дополнительное волногашение, либо снижение пористости рядов свай
7	Перелива волн через ростверк не наблюдалось. Ударов волн о низ ростверка не наблюдалось при исследованных значениях высот волн и периодах. Вариант мола при $h \leq 7,5$ м вполне работоспособен. Коэффициент $\bar{k}_{ref} = 0,52$ при $h = 6,1$ м и уменьшается до 0,38 при увеличении высоты волны до $h = 7,5$ м. Имеет место прохождение волны сквозь 2-й ряд свай в виде водо-воздушной смеси. Отраженная волна от 2-го ряда свай проходит к 1-му ряду и через него в мористую акваторию, при этом коэффициент отражения волн (в целом от сооружения) уменьшается от значения $\bar{k}_{ref} = 0,44$ (при $h = 7,5$ м) до 0,37 (при $h = 9,2$ м)	При $h \leq 7,5$ м сооружение работоспособно, переливов и ударов нет. При $7,5 < h \leq 9,20$ на модели возникают небольшие удары волн во 2- и 3-й ряды свай. При некотором допущении о возможности незначительного воздействия волн о низ ростверка, исследованная модель может рассматриваться при проектировании в качестве рекомендованной
8	Перелива через верх ростверка не было, ударного воздействия волн о низ ростверка не наблюдалось. У 2-го ряда свай вблизи датчика Д-4 имел место подъем волны в виде факела брызг до низа ростверка, однако давления датчик не зафиксировал (даже при $h = 7,5$ м). Взаимодействие волн с молом оценивается позитивно. Наблюдается локальный подъем уровня воды у 1- и 2-го рядов свай, между которыми образуется впадина. При воздействии волны с $h = 7,4$ м наблюдается отражение в виде отброса волн от 1-го ряда свай, причем волна, проходящая через 1-й ряд свай, отражается от 2-го ряда и частично проходит во 2-ю секцию мола. В процессе проведения опытов отражение волн наблюдалось от мористой стороны мола и от 2-го ряда свай. Отражение от 1-го ряда свай происходит в виде незначительных всплесков (при $h = 7,5$ м) и относительно существенных.	Конструкция работоспособна к воздействию волн всех расчетных параметров. Конструкция удовлетворяет требованиям с тем, чтобы она не вызывала переливов волн и ударного воздействия их о низ ростверка, а также, чтобы силовые воздействия волн на шпунтовую стенку находились в пределах допустимых значений по устойчивости

При теоретической постановке экспериментов была решена важная задача критериальной оценки и допущений для физического моделирования, а также разработана специальная методика эксперимента, обеспечивающая релевантность данных. По результатам исследований был получен патент на полезную модель [4].

Следует отметить, что на сегодняшний день нет нормативной базы для расчета предложенной конструкции оградительного сооружения. Для успешной реализации конструкции (проектирования) проведены экспериментальные исследования оградительного сооружения при условии волнового воздействия на него. Особенность эксперимента состояла в том, что были проведены работы по теоретической подготовке по вопросам методов и параметров моделирования. На основании теоретических предпосылок, допущений, а также методики эксперимента и его результатов возможно проектирование и дальнейшее строительство оградительных сооружений.

Выводы

1. Выбор типа внешних оградительных сооружений должен выполняться на основе экспериментальных исследований при проведении физического моделирования.

2. Как показали результаты экспериментов, во всех восьми вариантах конструкции мола переливов волн через верх ростверка не наблюдалось. Однако ударные воздействия волн у многих из них имели место.

3. Наличие заполнения камнем и фигурных блоков в камере гашения сквозного оградительного сооружения не оказывает заметного влияния на волногасящие свойства сооружения.

Работоспособность конструкции подтверждена физическим моделированием в лотке НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ в 2009 г. [10].

Список литературы

1. Михалев М. А. Физическое моделирование гидравлических явлений / М. А. Михалев. — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. — 443 с.
2. Кожевников М. П. Гидравлика ветровых волн / М. П. Кожевников. — М.: Энергия, 1972. — 264 с.
3. Чугаев Р. Р. Гидравлика / Р. Р. Чугаев. — Л.: Энергия, 1982. — 672 с.
4. Пат. 103367 РФ, МПК E02B 3/06 (2006.01). Волнозащитное сооружение / М. Ю. Николаевский, Р. Ю. Горгуца, М. В. Субботин. — № 2010146509/21; заявлено 15.11.2010; опублик. 10.04.2011 // Бюл. № 10. — 3 с.
5. Гарибин П. А. Сквозное волнозащитное сооружение с камерой гашения / П. А. Гарибин, М. В. Субботин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 2(24). — С. 74–82.
6. Николаевский М. Ю. Сквозное непроницаемое волнозащитное сооружение с камерой гашения в порту Сочи / М. Ю. Николаевский, Р. Ю. Горгуца, М. В. Субботин // Гидротехника XXI век. — 2013. — № 2 (14). — С. 34–39.
7. Гарибин П. А. Водотранспортное использование малых водотоков: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.07. — СПб., 2003. — 302 с.
8. Патрашев А. Н. Прикладная гидромеханика. / А.Н. Патрашев. — М., 1970.
9. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. — М., 1977. — 440 с.
10. НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ. Физическое моделирование воздействия ветровых волн на мол, проектируемый в порту Сочи: отчет о НИР. — СПб., 2009. — 139 с.
11. Математическое и гидравлическое моделирование для разработки проекта первого грузового района в районе устья р. Мзымта, г. Сочи, Краснодарского края: отчет о НИР / ОАО ЦНИИС, филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ Морские берега». — Сочи, 2008.
12. Математическое моделирование волнового режима и динамики берега в районе проектируемого порта в Имеретинской низменности Адлерского р-на г. Сочи с разработкой рекомендаций по конструкции и конфигурации оградительных сооружений и берегозащите прилегающих участков побережья: отчет о НИР / ООО «Морстройтехнология». — СПб., 2008.

13. Гидрометеорологические условия Азовского и Черного побережий Краснодарского края, ГОИН: отчет о НИР. — М., 1996.
14. M. Sc. Hany Goma Ibrahim Ahmed Wave Interaction with Vertical Slotted Walls as a Permeable Breakwater / Dissertation. — Wuppertal, 2011.
15. ВСП 33-03-07 Инструкция по проектированию откосных и сквозных оградительных сооружений и специальных подводных стендов. — М.: МО РФ, 2008.

УДК: 656; 004.8, 007.5, 51-7, 510.67

С. А. Селиверстов,
науч. сотр.;

Я. А. Селиверстов,
науч. сотр.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ МЕГАПОЛИСА С ВВОДОМ НОВЫХ ВИДОВ ВОДНОГО ВНУТРИГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

MODELING OF TRAFFIC FLOWS MEGAPOLIS WITH INTRODUCTION OF NEW WATER TYPES OF PASSENGER TRANSPORT INTERACITY

Обоснована актуальность развития внутригородских транспортных процессов и создание объектов транспортной инфраструктуры, ускоряющих внедрение и использование новых видов транспорта. Проведено исследование математических методов анализа транспортных потоков. Осуществлен переход от поведенческих принципов Вардроп к целевой функции управления процессами мобильности, базирующейся на целевых ориентирах пользователя и целевых ориентирах городской транспортной системы. Применительно к аппаратно-программному обеспечению транспортного планирования рассмотрена трилинейная модель EVA. Развитие новых видов транспорта рассмотрено на примере ввода «Приморской линии» внутреннего водного пассажирского транспорта г. Санкт-Петербурга. Осуществляется разработка информационно-логической модели, выполняются моделирование и оценка процессов перераспределения транспортных потоков на участке городской транспортной сети, даны рекомендации по транспортному обслуживанию, прилагающейся к «Приморской линии» районов.

Justification of the relevance of intracity transport processes and the creation of transport infrastructure accelerating the use of new modes of transport. Analyzed of the mathematical methods development for analyzing traffic flows. The transition from the behavioral principles J. Wardrop to target management processes of mobility, based on the user's targets and targets the urban transport system. Relation to hardware and software for transport planning considered trilinear model EVA. Development of new transport modes accelerating intercity transport processes considered as an example of input «Primorskaya line» inland waterway passenger transport in St. Petersburg, developed information and logical, modeled and evaluated redistribution of traffic flows in the area of urban transport network. Based on the simulation results are given recommendations on transport services of the area, adjacent to the «Primorskaya line».

Ключевые слова: городская транспортная система, внутренний водный пассажирский транспорт, транспортное моделирование, методы оценки эффективности транспортных коммуникаций, прогнозирование транспортных потоков, матрицы корреспонденций, энтропийная модель, трилинейная модель, модель EVA.

Key words: megalopolis transport system, inland water passenger transport, transport modeling, efficiency evaluation methods of transport communications, forecasting of transport traffic, matrixes of correspondence, entropy model, trilinear model, EVA model.